

DERWENT-ACC-NO: 2001-113243  
DERWENT-WEEK: 200562  
COPYRIGHT 2006 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Laser beam cuts and finishes end face of plastic optical fiber like lightning, so that no further smoothing treatment is necessary, contrasting with slow, dirty hotplate formerly used to flatten end

INVENTOR: HECKEL, W  
PATENT-ASSIGNEE: TYCO ELECTRONICS LOGISTICS AG(TYCON)  
PRIORITY-DATA: 1999DE-1011981 (March 17, 1999)  
PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 19911981 B4 006/25	September 22, 2005	N/A	000	G02B
DE 19911981 A1 006/25	October 19, 2000	N/A	008	G02B

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 19911981B4	N/A	1999DE-1011981	March 17, 1999
DE 19911981A1	N/A	1999DE-1011981	March 17, 1999

INT-CL (IPC): B23K026/00, G02B006/25

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19911981A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The optical fiber (1) end is cut off at a specific plane (9) where the required end surface is located, using a laser beam (5) focused (6) by an objective.

USE - To cut off and smooth the end of a plastic optical fiber using a laser beam, optionally adding a ferrule.

ADVANTAGE - Up to now, such fibers have been smoothed by pressing against a hotplate. The fiber is heated, flattened, then cooled - a protracted process. Plastic melt deposits on the plate and burns-on. End-contamination and face imperfections threaten. A hotplate cleaning process has to be carried out at intervals. These delays and difficulties are all obviated by the new, fast laser process described. A low-attenuation, smooth face is produced on the end of the fiber, the cut being of such high quality that no further operations are needed.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - A first implementation is shown schematically. Further implementations, and perspectives of the cutting plane, are to be seen in the original.

optical fiber 1  
ferrule 2  
excess length of fiber 3  
holding fixture 4  
laser beam 5  
focusing objective 6  
shielding gas supply 8

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/6

TITLE-TERMS: LASER BEAM CUT FINISH END FACE PLASTIC OPTICAL LIGHTNING SO NO  
SMOOTH TREAT NECESSARY CONTRAST SLOW DIRT HOTPLATE FLATTEN END



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 11 981 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 02 B 6/25**  
B 23 K 26/00

②① Aktenzeichen: 199 11 981.3  
②② Anmeldetag: 17. 3. 1999  
②③ Offenlegungstag: 19. 10. 2000

**DE 199 11 981 A 1**

⑦① Anmelder:  
Tyco Electronics Logistics AG, Steinach, CH  
  
⑦④ Vertreter:  
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

⑦② Erfinder:  
Heckel, Werner, Dr., 67346 Speyer, DE

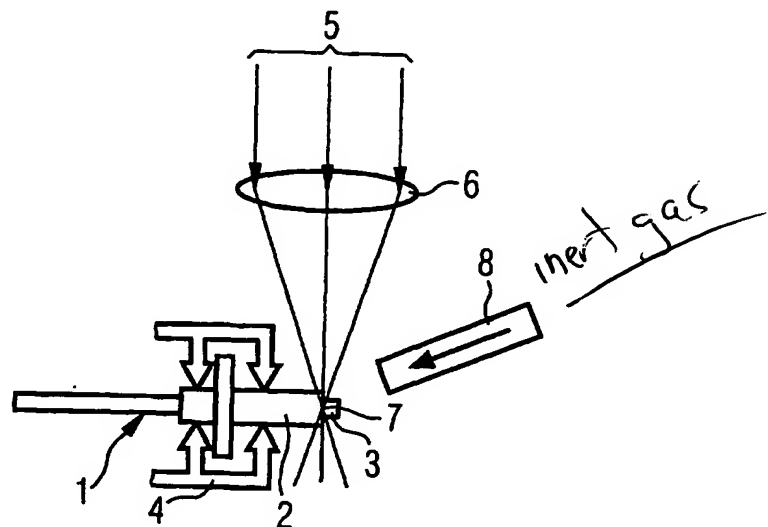
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 43 19 784 A1  
DE 93 09 432 U1  
JP 57-1 69 702 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Endflächenbearbeitung von Kunststoff-Lichtwellenleitern

⑤⑦ Verfahren zur Herstellung einer glatten Endfläche bei einem Kunststoff-Lichtwellenleiter (1), bei dem der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) an einer Schnittstelle in einer durch die vorgegebene Endfläche bestimmten Schnittebene (9) mittels eines Laserstrahls (5), der durch eine Fokussiereinrichtung (6), z. B. ein Objektiv, fokussiert ist, abgeschnitten wird und bei dem während des Schneidvorgangs zwischen dem Fokus (7) des Laserstrahls (5) und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) eine Relativbewegung ausgeführt wird, in der der Fokus (7) des Laserstrahls (5) in der Schnittebene (9) durch den Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) hindurch oder über den Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) hinweg wandert.



**DE 199 11 981 A 1**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer glatten Endfläche bei einem Kunststoff-Lichtwellenleiter.

Wie beispielsweise der Artikel "Kunststoff statt Glas" in der Funkschau Heft 3, S. 78-80, 1999 darlegt, finden Lichtwellenleiter aus Kunststoff, insbesondere aus Polymerfasern, zur Verkabelung elektronischer Geräte eine zunehmende Bedeutung, da sie gegenüber Lichtwellenleitern aus Glasfasern insbesondere geringere Fertigungs- und Verarbeitungskosten verursachen.

Bei Lichtwellenleitern kommt einer geringen Einfügedämpfung des Lichts beim Übergang von einem Lichtwellenleiter in ein anderes Medium eine große Bedeutung zu. Beispiele hierfür sind die Ankopplung von elektrophotischen Sendern (LEDs, Laserdioden) und/oder elektrophotischen Empfängern (Photodioden, Phototransistoren) an Lichtwellenleiter oder die Verbindung von getrennten Lichtwellenleitern miteinander. Hier setzt eine ausreichend verlustarme Ankopplung unter anderem voraus, daß die Endflächen der Lichtwellenleiter glatt und riefenfrei sind.

Beispielsweise durch die Literaturstelle G 93 09 432.9 ist es bekannt, glatte Endflächen bei Kunststoff-Lichtwellenleitern durch Anwendung des sogenannten "Hotplate"-Verfahrens herzustellen. Bei diesem Verfahren wird der Kunststoff-Lichtwellenleiter mit der Stirnfläche an seinem freien Ende gegen eine polierte Metallplatte gedrückt. Die Metallplatte wird zunächst aufgeheizt, bis die Stirnfläche anschnmilt. Sodann wird die Metallplatte wieder abgekühlt, bis die Stirnfläche am freien Ende des Kunststoff-Lichtwellenleiters erstarrt ist. Durch das Aufheizen und wieder Abkühlen der polierten Metallplatte ist dieser Herstellungsprozeß relativ zeitaufwendig. Außerdem muß die Metallplatte von Zeit zu Zeit gereinigt werden, da während des Herstellungsprozesses an ihrer Oberfläche leicht Kunststoffpartikel anbacken können.

Für die Endflächenbearbeitung von Kunststoff-Lichtwellenleitern können auch spanende Verfahren wie Schleifen oder Fräsen zur Anwendung kommen. Diese Verfahren zur Herstellung glatter Endflächen bei Kunststoff-Lichtwellenleitern erfordern nachfolgende Reinigungsschritte für die Fräs- oder Schleifautomaten, da sich die anfallenden Kunststoffspäne elektrostatisch aufladen und daher ständig entfernt werden müssen, sollen einwandfreie Arbeitsergebnisse erzielt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für die Herstellung glatter Endflächen an den freien Enden von Kunststoff-Lichtwellenleitern ein weiteres Verfahren anzugeben, das eine spanlose Bearbeitung für die Massenfertigung mit sehr hoher Arbeitsgeschwindigkeit zuläßt.

Dies Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß der Kunststoff-Lichtwellenleiter an einer Schnittstelle in einer durch die vorgegebene Endfläche bestimmten Schnittebene mittels eines Laserstrahls, der durch eine Fokussiereinrichtung, z. B. ein Objektiv, fokussiert ist, abgeschnitten wird, daß der fokussierte Laserstrahl hierzu wenigstens annähernd parallel zur Schnittebene ausgerichtet wird, daß während des Schneidvorgangs zwischen dem Fokus des Laserstrahls und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter eine Relativbewegung ausgeführt wird, in der der Fokus des Laserstrahls in der Schnittebene durch den Kunststoff-Lichtwellenleiter hindurch oder über den Kunststoff-Lichtwellenleiter hinweg wandert und daß der Zeitablauf dieser Relativbewegung so gewählt ist, daß die beim Schnitt erhaltene glatte Endfläche des Kunststoff-Lichtwellenleiters durch die thermische Wirkung des Laserstrahls nur kurzzeitig aufgeschmolzen wird.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich beim Schneiden eines Kunststoff-Lichtwellenleiters mittels eines fokussierten Laserstrahls der Kunststoff-Lichtwellenleiter an der Schnittstelle mit einer so hohen Oberflächen-  
5 güte durchtrennen läßt, daß zur Glättung der Schnittstellen-Endflächen in außerordentlich vorteilhafter Weise keine weitere Bearbeitung erforderlich ist.

Für zahlreiche Anwendungsfälle werden die zu bearbeitenden Kunststoff-Lichtwellenleiter zweckmäßig von einer  
10 Kabeltrommel mit Überlänge vorabgeschnitten. Anschließend werden auf die freien Enden der Kunststoff-Lichtwellenleiter Steckerferrulen aufgesteckt und schließlich zur Herstellung einer glatten Endfläche die Überlänge mit dem fokussierten Laserstrahl abgeschnitten. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es aber auch in besonders vorteilhafter Weise, die benötigten Kunststoff-Lichtwellenleiter mit dem fokussierten Laserstrahl ohne weitere Endflächenbearbeitung unmittelbar von einer Kabeltrommel in jeweils vorgegebener Länge abzuschneiden.

20 Zweckmäßige Ausgestaltungen des Verfahrens nach Anspruch 1 sind in den weiteren Ansprüchen 2 bis 14 angegeben.

Anhand von Ausführungsbeispielen zweckmäßiger Verfahrensweisen, die in der Zeichnung schematisch dargestellt  
25 sind, soll die Erfindung im folgenden noch näher erläutert werden. In der Zeichnung bedeuten

Fig. 1 die schematische Darstellung einer ersten Ausführungsart des Laser-Schneidverfahrens,

Fig. 2 eine die erste Ausführungsart des Laser-Schneid-  
30 verfahrens nach Fig. 1 erläuternde schematische Darstellung,

Fig. 3 die schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsart des Laser-Schneidverfahrens,

Fig. 4 eine die zweite Ausführungsart des Laser-Schneid-  
35 verfahrens nach Fig. 3 erläuternde schematische Darstellung,

Fig. 5 die schematische Darstellung der Ausführung einer ersten Art von Relativbewegung zwischen Laserstrahl und Kunststoff-Lichtwellenleiter während des Schneidvorgangs,

40 Fig. 6 die schematische Darstellung einer zweiten Art der Ausführung von Relativbewegung zwischen Laserstrahl und Kunststoff-Lichtwellenleiter während des Schneidvorgangs.

Fig. 1 zeigt einen Kunststoff-Lichtwellenleiter 1, auf dessen  
45 freien Ende eine Steckerferrule 2 aus Metall oder Kunststoff aufgeschoben ist. Der Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 ist von einer Kabeltrommel vorabgeschnitten und hat eine Überlänge 3, die an der Vorderseite der Steckerferrule 2 heraustragt. Der Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 ist mit seiner Steckerferrule 2 in einer Halterung 4 fixiert. Zur Herstellung der glatten Endfläche wird die Überlänge 3 am freien Ende des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 von einem Laserstrahl 5 abgeschnitten, der über eine Fokussiereinrichtung 6 in Form einer Sammellinse in der Schnittebene des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 fokussiert ist.  
55

Während des Schneidvorgangs, bei dem zwischen dem Fokus 7 des Laserstrahls 5 und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 eine Relativbewegung ausgeführt wird, wird der Schnittstelle ein Schutzgas 8 zugeführt. Das Schutzgas 8  
60 kann, z. B. unter einer Beimengung von Sauerstoff ein den Schneidvorgang unterstützendes reaktives Gas sein. Weiterhin kann das Schutzgas 8 auch mit dazu verwendet werden, um während des Schneidvorgangs aus dem Schnittspalt die Materialschmelze auszublasen.

65 Zum besseren Verständnis ist in der schematischen Darstellung in Fig. 2 die Relativbewegung zwischen dem Fokus 7 des Laserstrahls 5 und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 während des Schneidvorgangs besonders verdeutlicht. In

Fig. 2 ist die Schnittstelle des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 durch die Schnittebene 9 und der Schnittstellenbereich in der Schnittebene 9 mit 10 angegeben. Der in der Achse 11 des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 fokussierte Laserstrahl 5 durchwandert hierbei mit seinem Fokus 7 den Schnittstellenbereich 10 auf der in Fig. 2 punktiert angegebenen Wegstrecke 12.

Die schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsart des Laser-Schneidverfahrens nach Fig. 3 unterscheidet sich von der Darstellung einer ersten Ausführungsart nach Fig. 1 dadurch, daß hier der Laserstrahl 5 an der Schnittstelle in der Schnittebene in geringem Abstand über dem Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 fokussiert ist. Als Steckerferrule 2 ist hier außerdem eine Metall-Crimphülse vorgesehen. Bei dieser Fokussierung des Laserstrahls 5 wird der Laserstrahl 5 beim Schneidvorgang geringfügig von der Vorderkante der Steckerferrule 2 abgeschirmt. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Überlänge 3 des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 auch bei Positionierungstoleranzen immer genau an der Vorderkante der Steckerferrule 2 abgeschnitten wird.

Entsprechend Fig. 2 ist in der schematischen Darstellung in Fig. 4 die Relativbewegung zwischen dem Fokus 7 und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 in der Schnittebene 9 verdeutlicht. Der oberhalb des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 in der Schnittebene 9 fokussierte Laserstrahl 5 durchwandert hierbei mit seinem Fokus 7 den Schnittstellenbereich 10 auf der punktiert angegebenen Wegstrecke 13.

Die Relativbewegung zwischen dem Fokus 7 des Laserstrahls 5 und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 während des Schneidvorgangs kann bei ortsfestem Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 mittels eines um eine Achse 14 drehbaren Spiegel 15 vorgenommen werden. Die Vorrichtung mit dem drehbaren Spiegel 15 ist dabei im Strahlengang des Laserstrahls 5 angeordnet. Fig. 5 zeigt die Vorrichtung mit dem Spiegel 15 im Strahlengang des Laserstrahls 5 vor der Fokussiereinrichtung 6. Es ist aber auch möglich, die Vorrichtung mit dem Spiegel 15 im Strahlengang des Laserstrahls 5 hinter der Fokussiereinrichtung 6 anzuordnen.

Bei Drehung des Spiegels 15 der Vorrichtung in Richtung des Pfeils P1 wandert der Fokus 7 des Laserstrahls 5 von links nach rechts durch den Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 hindurch. Hierbei verläuft die in Fig. 2 punktiert angegebene Wegstrecke 12 des Fokus 7 des Laserstrahls 5 nicht wie dort angegeben linear sondern leicht konvex gekrümmt. Dieser Sachverhalt wird in Fig. 5 durch den unterhalb des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 angegebenen Pfeil P2 angedeutet.

Weitere Möglichkeiten, für die beim Schneidvorgang durchzuführende Relativbewegung zwischen dem Fokus 7 des Laserstrahls 5 und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 zeigt Fig. 6. Ist der fokussierte Laserstrahl 5 ortsfest, dann führt der Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 während des Schneidvorgangs eine durch den Pfeil P3 angezeigte lineare Bewegung senkrecht zur Strahlrichtung des Laserstrahls 5 aus. Ist der Kunststoff-Lichtwellenleiter 1 ortsfest, dann führt der den fokussierten Laserstrahl 5 erzeugende, in Fig. 6 nicht dargestellte Laser während des Schneidvorgangs eine durch den Pfeil P4 angezeigte lineare Bewegung senkrecht zur Achse des Kunststoff-Lichtwellenleiters 1 aus. In beiden Fällen durchwandert der Fokus 7 des Laserstrahls 5 in der Schnittebene 9 die in Fig. 2 punktiert angegebene Wegstrecke 12.

Der für den Schneidvorgang verwendete fokussierte Laserstrahl 5 kann von einem CO<sub>2</sub>-Laser erzeugt sein. Auch ein Neodym-YAG-Laser oder ein Halbleiter-Diodenlaser ausreichender Strahlleistung kommen als Laserquelle in Frage. Der Laserstrahl 5 kann dabei von der verwendeten

Laserquelle sowohl in kontinuierlicher als auch in ausreichend schnell gepulster Form erzeugt sein.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer glatten Endfläche bei einem Kunststoff-Lichtwellenleiter (1), **dadurch gekennzeichnet**, daß

der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) an einer Schnittstelle in einer durch die vorgegebene Endfläche bestimmten Schnittebene (9) mittels eines Laserstrahls (5), der durch eine Fokussiereinrichtung (6), z.B. ein Objektiv, fokussiert ist, abgeschnitten wird, der fokussierte Laserstrahl (5) hierzu wenigstens annähernd parallel zur Schnittebene (9) ausgerichtet wird, während des Schneidvorgangs zwischen dem Fokus (7) des Laserstrahls (5) und dem Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) eine Relativbewegung ausgeführt wird, in der der Fokus (7) des Laserstrahls (5) in der Schnittebene (9) durch den Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) hindurch oder über den Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) hinweg wandert und

der Zeitablauf dieser Relativbewegung so gewählt ist, daß die beim Schnitt erhaltene glatte Endfläche des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1) durch die thermische Wirkung des Laserstrahls (5) nur kurzzeitig aufgeschmolzen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während des Schneidvorgangs, bei dem der Fokus (7) des Laserstrahls (5) in der Schnittebene (9) durch den Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) hindurchwandert, der Fokus (7) des Laserstrahls (5) die Achse (11) des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1) schneidet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) ortsfest ist, im Strahlengang des Laserstrahls (5) eine Vorrichtung mit einem bewegbaren, vorzugsweise drehbaren Spiegel (15) angeordnet ist und während des Schneidvorgangs die Wanderbewegung des Fokus (7) des Laserstrahls (5) in der Schnittebene (9) über die Bewegung des Spiegels (15) der Vorrichtung gesteuert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

der fokussierte Laserstrahl (5) ortsfest und der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) wenigstens senkrecht zum fokussierten Laserstrahl (5) verschiebbar ist und während des Schneidvorgangs die Wanderbewegung des Fokus (7) des Laserstrahls (5) in der Schnittebene (9) über die Verschiebung des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1) gesteuert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) ortsfest und der den Laserstrahl (5) erzeugende Laser wenigstens senkrecht zur Achse des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1) verschiebbar ist und während des Schneidvorgangs die Wanderbewegung des Fokus (7) des Laserstrahls (5) in der Schnittebene (9) über die Verschiebung des den Laserstrahl (5) erzeugenden Lasers gesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) zunächst vorabgeschnitten und mit seinem freien eine Überlänge (3) aufweisenden Ende in einer Halterung (4) fixiert wird und zur Herstellung einer glatten Endfläche anschließend

mittels des fokussierten Laserstrahls (5) die Überlänge (3) an seinem freien Ende abgeschnitten wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß

der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) zunächst vorabgeschnitten und auf sein freies eine Überlänge (3) aufweisendes Ende eine Steckerferrule (2) so aufgebracht wird, daß es mit seiner Überlänge (3) teilweise aus der Steckerferrule (2) herausragt,

dann das freie Ende des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1) mit der darauf aufgesteckten Steckerferrule (2) in einer Halterung (4) fixiert wird und

anschließend zur Herstellung einer glatten Endfläche mittels des fokussierten Laserstrahls (5) die Überlänge (3) des freien Endes des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1), zusammen mit einem Teil an der Vorderseite der Steckerferrule (2), abgeschnitten wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß

der Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) zunächst vorabgeschnitten und auf sein freies eine Überlänge (3) aufweisendes Ende eine Steckerferrule (2) aus Metall so aufgebracht wird, daß es mit seiner Überlänge (3) aus der Steckerferrule (2) aus Metall herausragt,

dann das freie Ende des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1) mit der darauf aufgesteckten Steckerferrule (2) aus Metall in einer Halterung (4) fixiert wird und

anschließend zur Herstellung einer glatten Endfläche mittels des fokussierten Laserstrahls (5) die Überlänge (3) am freien Ende des Kunststoff-Lichtwellenleiters (1) so abgeschnitten wird, daß während des Schneidvorgangs der Laserstrahl (5) durch die Steckerferrule (2) aus Metall geringfügig abgeschattet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Schneidvorgangs dem Kunststoff-Lichtwellenleiter (1) an der Schnittstelle (9) ein Schutzgas (8) zugeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß während des Schneidvorgangs mittels des Schutzgases (8) aus dem Schnittpalt an der Schnittstelle die Materialschmelze ausgeblasen wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Schutzgas (8) ein den Schneidvorgang unterstützendes reaktives Gas ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (5) von einem CO<sub>2</sub>-Laser erzeugt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (5) von einem Neodym-YAG-Laser erzeugt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (5) von einem Halbleiter-Diodenlaser erzeugt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

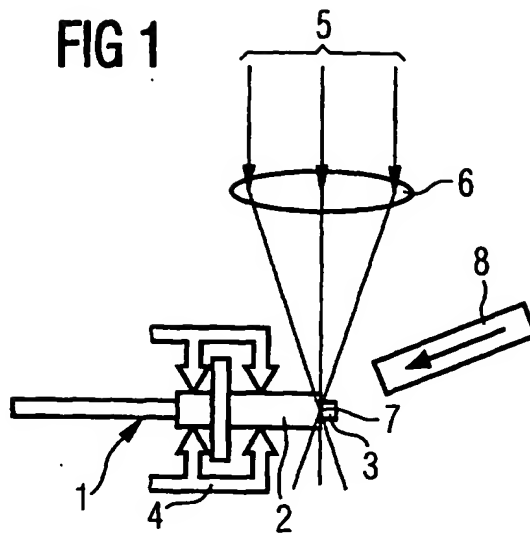


FIG 2

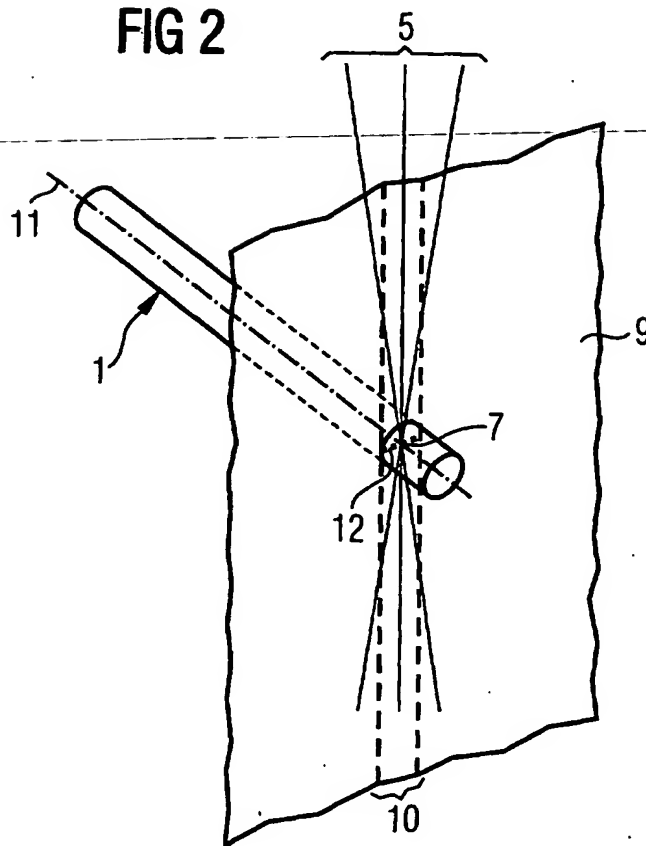


FIG 3

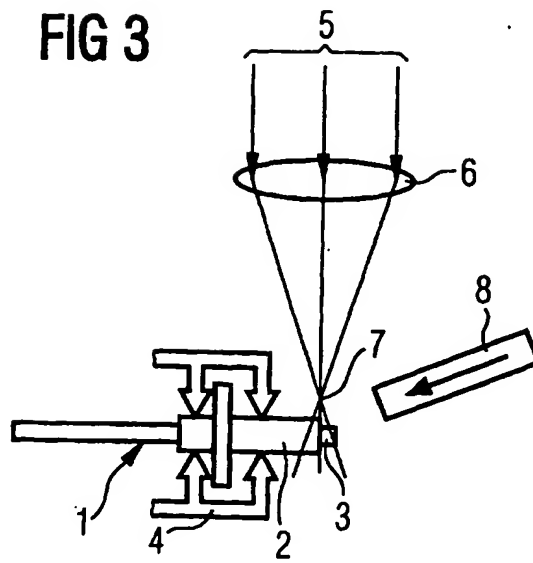


FIG 4

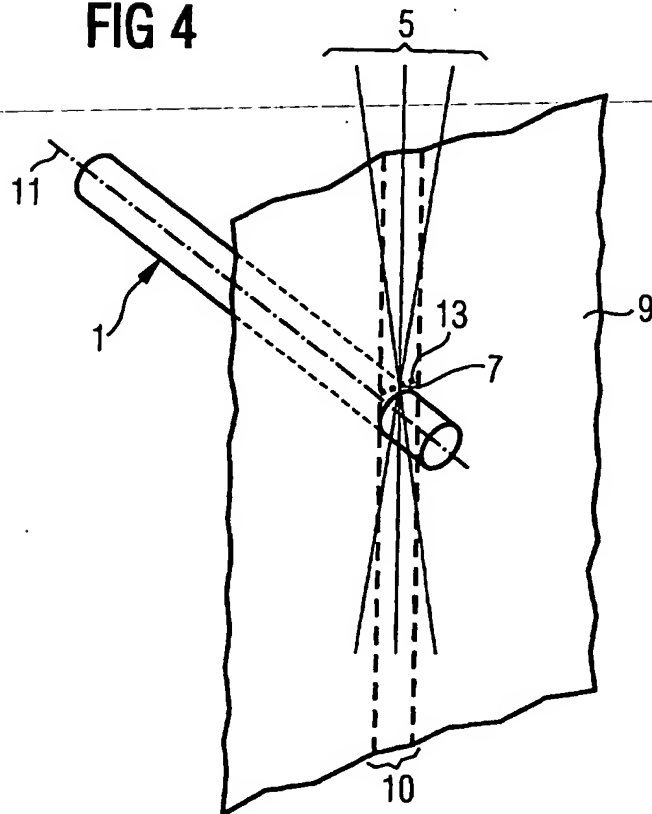




FIG 5

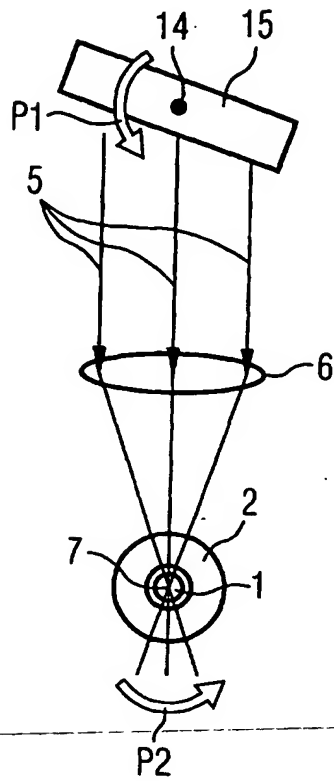


FIG 6

